

ANALISA POTENSI ENERGI TERBARUKAN DI KABUPATEN KAIMANA PROPINSI PAPUA BARAT

Elias K. Bawan *

Abstract

The human need for electric energy, especially in Kaimana regency is increasing together with city development and increasing of the resident. The electric energy supply from diesel power plant in PT. PLN (persero) is very limited, electrical distinguishing and electrical black out are frequently happened.

The renewable energy in the regency of Kaimana is very potential to be developed and so a study about the energy is needed. The study is executed in some subdistricts under priority to the renewable energy such as micro hydro, sun power, wind power and biomass energy.

Result of the study shows that the potency of the renewable energy is so large. Sun energy has the biggest potency about 144.35 w/m² with the monthly sunlight average about 57.95%. The second largest energy is wind power about 34.25 w/m² with the middle scale about 4.68 m/s. The latest energy potency is bioethanol energy from sweet potato in subdistrict of Yerusi.

Key words: : Renewable energy, biomass, microhydro, sun power, wind power

Abstrak

Kebutuhan energi listrik kabupaten Kaimana semakin meningkat seiring dengan perkembangan kota dan pertambahan jumlah penduduknya. Suplai tenaga listrik dari PLTD PT. PLN (Persero) sangat terbatas sehingga menyebabkan seringnya terjadi pemadaman bergilir dan terkadang pemadaman total.

Potensi energi terbarukan yang ada di kabupaten Kaimana sangat potensial sehingga perlu diadakan kajian potensi. Kajian ini dilaksanakan di beberapa distrik dengan prioritas potensi sumber energi terbarukan adalah energi mikrohidro, energi surya, energi angin dan energi biomassa.

Hasil kajian memperlihatkan bahwa potensi energi terbarukan sangat besar, energi surya memiliki potensi yang paling besar yaitu 144,35 w/m² dengan rata-rata penyinaran matahari bulanan sebesar 57.95 % setiap bulannya, diikuti oleh energi angin 34.25 watt/m² dengan skala menengah sebesar 4.68 m/dt, dan potensi energi bioetanol dari ubi di distrik Yerusi.

Kata kunci: Energi terbarukan, biomassa, mikrohidro, angin, surya

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat

terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Semakin menipisnya persediaan energi dan juga ketergantungan pada salah satu jenis energi dimana hingga saat ini pemakaian bahan bakar minyak masih

menjadi primadona dan hampir semua sektor kehidupan menggunakan bahan bakar ini termasuk menyediakan energi listrik, sementara hal tersebut belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh pemerintah, dalam hal ini PT. PLN (Persero). Sumber energi baru yang dimaksud sebaiknya memenuhi persyaratan menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

Sumber daya listrik oleh PT. PLN selama ini memanfaatkan energi fosil khususnya minyak, batu bara, dan gas bumi yang merupakan sumber daya energi utama dan merupakan salah satu *income* sumber devisa negara. Kenyataannya cadangan energi fosil negara kita sangat kecil bila dibandingkan dengan cadangan minyak dunia (Basir, 2004). Dua sumber energi di atas juga merupakan energi yang tak terbarukan. Dampak nyata terjadi pada tanggal 25 Mei 2008 lalu, BBM (Bahan Bakar Minyak) mengalami kelonjakan harga yang begitu drastis hingga mencapai lebih dari 30% di seluruh wilayah Indonesia. Yang merupakan dampak dari naiknya harga minyak dunia hingga menyentuh US\$ 123 per barel. Hal ini juga berdampak langsung dengan kebutuhan sumber daya listrik yang masih menggunakan mesin diesel berbahan bakar minyak yang mengakibatkan beban masyarakat semakin bertambah.

Mengacu pada hal tersebut pemerintah menetapkan regulasi tentang kewajiban pelaku energi untuk menggunakan energi terbarukan (*renewable energy obligation*) dalam jumlah tertentu (Departemen ESDM, 2004). Bahkan dalam konsiderannya Kepmen ESDM nomor 082 tahun 2004 menyebutkan bahwa untuk mendorong kegiatan konsumsi energi serta meningkatkan pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik dan non listrik perlu menetapkan kebijakan pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi

(Pengembangan Energi Hijau) (Departemen ESDM, 2003).

Propinsi Papua Barat merupakan provinsi termuda pada NKRI, dengan luas wilayah Provinsi Papua Barat memiliki luas wilayah 126.093 km² terdiri dari 8 kabupaten dan 1 kota. dengan jumlah Penduduk 702.202 Jiwa dengan kepadatan penduduk 6 Jiwa/km², sebagian besar hidup di daerah pedesaan / kampung yang terletak di pedalaman dan sebagian besar merupakan desa miskin, namun demikian provinsi ini memiliki sumber daya alam (SDA) yang sangat besar serta potensial untuk dikembangkan dalam upaya peningkatan kesejahteraan penduduknya.

Permasalahan yang dihadapi kabupaten Kaimana adalah :

- a. Sebagian distrik kabupaten Kaimana yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN
- b. Belum adanya kajian potensi energi terbarukan seperti sumber daya air dan sumber energi lainnya di kabupaten Kaimana
- c. Pertambahan penduduk dan kemajuan daerah yang diikuti dengan peningkatan kebutuhan akan energi di masa yang akan datang

Maksud penelitian ini adalah untuk mendapatkan data tentang sumber energi terbarukan potensial sebagai sumber energi listrik.

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah:

- a. Menginventarisasi data-data yang memiliki potensi energi bioetanol, sumber daya air, surya, dan angin di kabupaten Kaimana.
- b. Menganalisis sumber-sumber energi sebagai alternatif sumber energi terbarukan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Potensi listrik tenaga mikrohidro

a. Defenisi

Pengertian potensi adalah gambaran besaran kapasitas pembangkit listrik

yang mungkin dapat dikembangkan di suatu rencana lokasi tertentu. Ada dua variabel utama yang menjadi dasar terjadinya proses pembangkitan energi listrik. Dua variabel tersebut adalah debit air dan tinggi jatuh air (*head*).

Debit air adalah jumlah/volume air per satuan waktu yang akan memutar turbin mesin pembangkit. Head adalah perbedaan elevasi permukaan air di tempat masuknya air ke dalam pipa pesat (*penstock*) dan di tempat keluarnya air dari mesin pembangkit (*tail race*).

b. Perhitungan potensi air

• Pengukuran debit

Debit air dapat dihitung dengan menggunakan rumus : $Q = AV$, dimana Q adalah debit air (dalam $m^3/detik$), A adalah luas penampang aliran (dalam m^2) dan V adalah kecepatan aliran air (dalam $m/detik$).

• Perhitungan head

Perhitungan ketinggian air jatuh (*head*) di saluran dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$H = \frac{Q^2}{2g.(b.Cd.(H_2 - H_1))^2} \dots\dots\dots(1)$$

$H_s = H_2 - H$, $Cd = 0,6$ (koefisien debit) (Triatmodjo, 1996)

• Menghitung potensi daya

Untuk menghitung potensi daya listrik yang terbangkit; rumus perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_t = \rho.g.Q.H_n. \eta_o \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

P_t = daya terbangkit (W),

ρ = rapat massa air (kg/m^3),

g = gravitasi ($m^2/detik$),

Q = debit aliran ($m^3/detik$),

H_n = tinggi jatuh bersih (m),

η_o = efisiensi overall, 50-70%

(Sumber : JICA, 2003).

2.2 Energi listrik tenaga surya

a. Umum

Energi terbarukan tenaga surya adalah energi yang mengubah energi matahari menjadi menjadi arus listrik yang searah dengan menggunakan silikon yang tipis. Tenaga surya/matahari merupakan sumber energi dalam jumlah besar, bersifat kontinyu, dan sangat atraktif, karena bersifat kolotif, tidak dapat habis dan dapat dipercaya serta gratis.

Pada dasarnya sel surya fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan zat semikonduktor yang dipakai. Intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai kepermukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt, tetapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m^2 .

Negara Indonesia tergolong daerah tropis yang mempunyai potensi energi surya yang tinggi. Hal ini terlihat dari radiasi harian yaitu sebesar 4,5 $kWh/m^2/hari$, hal ini memberi indikasi bahwa prospek penggunaan fotovoltaik di masa mendatang cukup cerah.

b. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya

Sebuah kristal silindris silikon (Si) diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, akan

terbentuklah sel-sel silicon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya fotovoltaik. Sel- sel silicon itu dipasang dengan posisi sejajar/ seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastic. Kemudian pada tiap- tiap sambungan sel itu diberi sambungan listrik. Bila sel- sel terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silicon itu dan luas permukaan sel itu. Energi elektromagnetik dapat juga diubah langsung menjadi energi listrik dalam selfotovoltaic atau sering disebut sel matahari.

Keuntungan-keuntungan pembangkit dengan surya fotovoltaik, antara lain:

- 1) Energi yang digunakan adalah energi yang tersedia secara gratis.
- 2) Perawatannya mudah dan sederhana.
- 3) Tidak terdapat peralatan yang bergerak, sehingga tidak perlu penggantian suku cadang dan penyetulan pada pelumasan.
- 4) Peralatan bekerja tanpa suara dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.
- 5) Dapat bekerja secara otomatis.

2.3 Energi listrik tenaga angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya

perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dinamakan konveksi.

• Konversi Energi

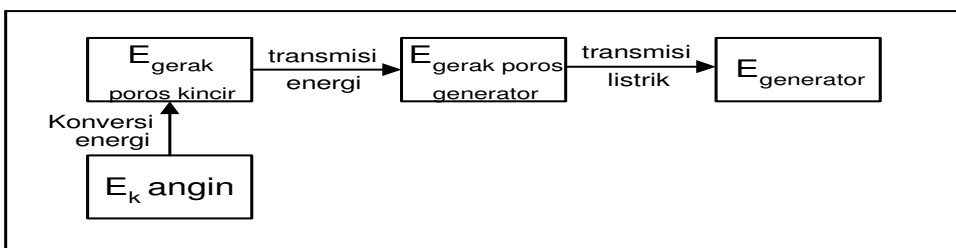
Pada Pembangkit Listrik Tenaga Kincir Angin, energi angin dikonversikan menjadi energi listrik berdasarkan diagram blok pada Gambar 1.

Penggolongan kincir angin :

- Tipe baling-baling (*propeller*), pada tipe ini kincir angin diletakkan sejajar terhadap arah hembusan angin.
- Tipe pengocok telur (*eggbeater*) pada tipe ini kincir angin diletakkan tegak lurus terhadap arah hembusan angin.

Daya yang diberikan oleh tenaga angin diturunkan dari persamaan energi kinetik sebagai berikut :

$$P_{\text{angin}} = \frac{E_{k_{\text{angin}}}}{t} = \frac{1}{2} m^o v^2 \dots\dots(3)$$



Gambar1. Blok diagram PLTKA

karena $m^o = \frac{m}{t} = \rho AV$ dan $A = \pi D^2/4$,
maka :

$$m^o = \frac{\rho \pi D^2 V}{4}$$

dengan memasukkan persamaan (2)
pada persamaan (1) diperoleh :

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \frac{\rho \pi D^2 V}{4} V^2 = \frac{\rho \pi D^2 V^3}{8} \dots\dots\dots(4)$$

dimana

- P_{angin} = Daya angin (watt)
- m^o = masa alur angin (kg/s)
- ρ = massa jenis udara = 1,29 kg/m³
- D = diameter kincir angin (m)
- V = kecepatan angin (m/s)

Sedangkan daya rotor diberikan
menurut persamaan berikut :

$$P_{\text{rotor}} = 0.5 C_p \rho A V^3 \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

- P_{rotor} = Daya mekanik turbin
angin (Watt)
- C_p = Koefisien daya rotor
(konstanta Betz)

A = Luasan bidang sapuan
rotor (m²)

Jika data efisiensi transmisi
mekanis (η_t) dan efisiensi generatornya
(η_g) diketahui maka besarnya daya
keluaran listrik generator yang dikopel
dengan turbin adalah :

$$P_{\text{out}} = 0.5 \eta_t \eta_g C_p \rho A V^3 \dots\dots\dots(6)$$

2.4 Energi listrik tenaga biomassa Bioetanol;

Bioetanol adalah etanol yang
dibuat dari biomassa yang
mengandung komponen pati atau
selulosa, seperti singkong dan tetes
tebu. Seiring dengan menipisnya
cadangan energi BBM, bioetanol
diharapkan dapat dimanfaatkan
sebagai bahan bakar substitusi BBM
untuk motor bensin. (C₂H₅OH) adalah
cairan biokimia dari proses fermentasi
gula dari sumber karbohidrat
menggunakan bantuan
mikroorganisme. Bahan baku bioetanol
dapat berasal dari beberapa jenis
seperti tercantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa jenis sumber Bioetanol

Sumber Karbohidrat	Hasil Panen Ton/ha/thn	Perolehan Alkohol	
		Liter/ton	Liter/ha/thn
Singkong	25 (236)	180 (155)	4500 (3658)
Tetes	3,6	270	973
Sorgum Bici	6	333,4	2000
Ubi Jalar	62,5*	125	7812
Sagu	6,8\$	608	4133
Tebu	75	67	5025
Nipah	27	93	2500
Sorgum Manis	80**	75	6000

*) Panen 2 ½ kali/th; \$ sagu kering; ** panen 2 kali/th. Sumber: Villanueva (1981);
kecuali sagu, dari Colmes dan Newcombe (1980); sorgum manis, dari
Raveendram; dan Deptan (2006) untuk singkong; tetes dan sorgum biji

- Proses pengolahan biotermal
Secara umum, produksi bioethanol ini mencakup 3 (tiga) rangkaian proses yaitu :

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk produksi bioethanol bisa didapatkan dari berbagai tanaman, baik yang secara langsung menghasilkan gula sederhana seperti Tebu (sugarcane), gandum manis (sweet sorghum) atau yang menghasilkan tepung seperti jagung (corn), singkong (cassava) dan gandum (grain sorghum) disamping bahan lainnya.

b. Fermentasi

Pada tahap ini, tepung telah sampai pada titik telah berubah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dimana proses selanjutnya melibatkan penambahan enzim yang diletakkan pada ragi (yeast) agar dapat bekerja pada suhu optimum. Proses fermentasi ini akan menghasilkan etanol dan CO₂.

c. Pemurnian / Distilasi

Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air dan etanol). Titik didih etanol murni adalah 78° C sedangkan air adalah 100° C (Kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang (78 – 100)° C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95 % volume.

3. Metodologi

3.1 Tempat penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di dua distrik kabupaten Kaimana Provinsi Papua Barat, yang mana secara geografis telah dapat mewakili daerah kabupaten Kaimana.

3.2 Peralatan yang digunakan

Dalam penelitian ini diperlukan alat survei lapangan untuk mengetahui potensi energi terbarukan yang ada di daerah penelitian. Alat yang digunakan adalah antara lain:

- Alat pengukur debit air (*current meter*).
- GPS untuk menentukan titik sampel
- Stopwatch untuk mengukur waktu
- Meteran untuk mengukur head/beda tinggi air dilokasi penelitian.
- Kamera untuk mendokumentasikan data aktivitas di lokasi penelitian sebagai alat bantu dalam observasi.
- Peta tematik sebagai peta lokasi potensi
- Komputer pengolah data

3.3 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui survei instansional (data sekunder) dan survei lapangan (data primer).

- a. Survei data sekunder merupakan kegiatan pengumpulan data angka atau peta, suhu udara, kelembaman udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari dan potensi sumber energi biomassa.
- b. Survei data primer merupakan kegiatan pengumpulan data berdasarkan pengecekan di lapangan dan pengukuran

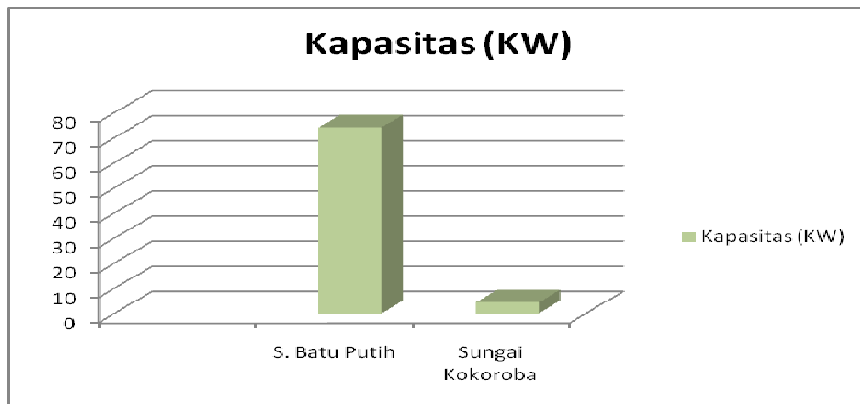
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Potensi energi mikrihidro

Data potensi air di Wilayah Kabupaten Kaimana dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Potensi Energi Mikrohidro di Kabupaten Kaimana

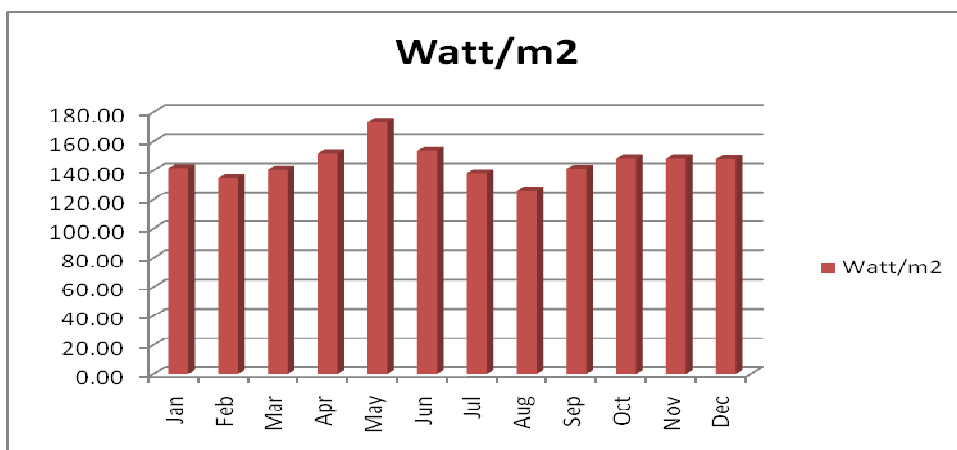
Nama Sungai	Debit (m ³ /s)	Head (m)	Kapasitas (kW)
Sungai Batu Putih	0.6	21	74.2
Sungai Kokoroba	0.3	2.5	4.4



Gambar 2. Diagram Batang Potensi Energi Mikrohidro di Kabupaten Kaimana berdasarkan ekivalen Kapasitas

Tabel 3. Potensi Energi Surya di Kabupaten Kaimana

Bulan	Penyinaran (%)	Watt/m ²	Bulan	Penyinaran (%)	Watt/m ²
Januari	55.5	141.5	Juli	54.1	138
Februari	52.9	134.9	Agustus	49.4	126
Maret	55.1	140.5	September	55.3	141
April	59.5	151.7	Oktober	58.1	148.2
Mei	68.1	173.7	November	69.3	148.2
Juni	60.1	153.5	Desember	58	147.9
Rerata				57.95	145.43



Gambar 3. Diagram Batang Daya Listrik Watt/m² di Kabupaten Kaimana

4.2 Potensi energi surya

Data potensi energi surya di wilayah kabupaten Kaimana ditabelkan pada Tabel 3 dan diilustrasikan pada Gambar 3.

4.3 Potensi energi angin

Data potensi angin di Wilayah Kabupaten Kaimana ditabelkan pada Tabel 4. Sementara Data Kecepatan angin dan Energi yang dibangkitkan di Kabupaten Kaimana disajikan pada Gambar 4.

Dari data pada Tabel 4 dan Gambar 4, kecepatan angin terendah 3,6 meter

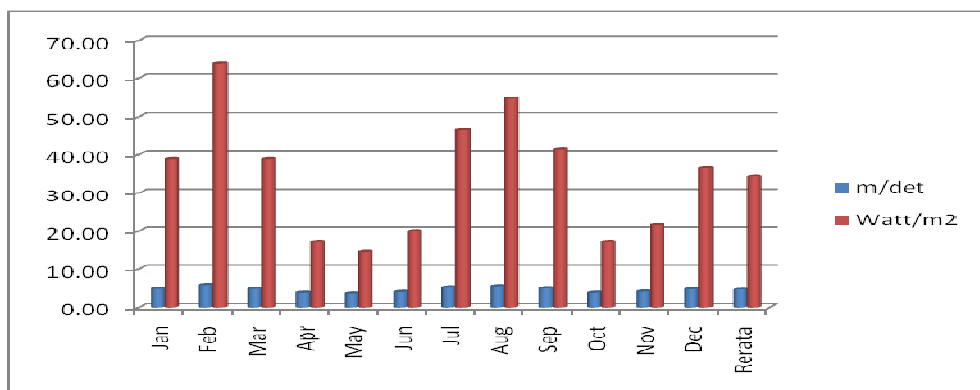
per detik pada bulan Mei, namun demikian rerata kecepatan angin di kabupaten Kaimana berada di kisaran 4,68 meter perdetik, artinya bahwa di Kabupaten Kaimana, potensi energi angin dapat menjadi sumber energi yang dapat diandalkan dan masuk kepada rentang skala Menengah.

4.4 Potensi energi Bioetanol

Potensi sumber energi Bioetanol di Kabupaten Kaimana dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4.3. Potensi Energi Angin di Kabupaten Kaimana

Bulan	V Rata –rata m/det	Watt/m2	Bulan	V Rata –rata m/det	Watt/m2
Januari	5.00	38.94	Juli	5.30	46.38
Februari	5.90	63.98	Agustus	5.60	54.70
Maret	5.00	38.94	September	5.10	41.32
April	3.80	17.09	Oktober	3.80	17.09
Mei	3.60	14.53	November	4.10	21.47
Juni	4.00	19.94	Desember	4.90	36.65
Rerata				4.68	34.25



Gambar 4. Grafik Batang Kecepatan angin dan Energi yang dibangkitkan di Kabupaten Kaimana

Tabel 4.4. Potensi Bioetanol di Kabupaten Kaimana

Potensi Ubi Kayu

No	Distrik	Produksi (Ton)	Vol.Etanol (lt)	Nilai Kalor (MJ)	Energi (kWh)
1	Kaimama Kota	3.22	495.40	11,641.83	41,910.59
2	Arguni Atas	0.58	89.23	2,096.98	7,549.11
3	Yerusi	2,499.20	384,501.92	9,035,795.12	32,528,862.43

Potensi Kelapa

No	Distrik	Produksi (Ton)	Vol.Etanol (lt)	Nilai Kalor (MJ)	Energi (kWh)
1	Kaimama Kota	472.26	72,657.20	1,707,444.22	6,146,799.20
2	Arguni Atas				
3	Yerusi	12.00	1,846.20	43,385.70	156,188.52

Potensi Ubi Jalar

No	Distrik	Produksi (Ton)	Vol.Etanol (lt)	Nilai Kalor (MJ)	Energi (kWh)
1	Kaimama Kota	6.44	990.79	23,283.66	83,821.17
2	Arguni Atas	53.79	8,275.59	194,476.40	700,115.04
3	Yerusi	208.89	32,137.73	755,236.57	2,718,851.66

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- 1) Potensi energi angin dapat menjadi sumber energi yang dapat diandalkan dan masuk kepada rentang skala Menengah sebesar 4.68 m/dt dengan daya 34.25 watt/m².
- 2) Berdasarkan hasil perhitungan Rata-rata penyinaran matahari bulanan sebesar 57.95 % setiap bulannya, daerah kabupaten Kaimana cukup berpotensi untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga surya dimana rata-rata energi listrik yang dihasilkan tenaga surya sebesar 144,35 w/m².
- 3) Potensi energi bioetanol dari ubi di distrik Yerusi sangat besar tetapi perlu pertimbangan lebih mendalam untuk menjadikan potensi ubi kayu sebagai

sumber energi karena ubi kayu termasuk salah satu jenis makanan favorit bagi masyarakat setempat.

- 4) Pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro perlu diperhatikan agar tidak mengganggu keseimbangan makhluk hidup disekitarnya.

5.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan studi lebih mendalam, mengingat potensi energi terbarukan di kabupaten Kaimana cukup besar
- 2) Perlu dilakukan modernisasi dan pembukaan lahan pertanian baru maupun peternakan untuk meningkatkan sumber energi yang berasal dari biomasa dan bioetanol.

6. Daftar Pustaka

Adelhard Beni Rehiara, Analisis Potensi Angin Sebagai Penggerak Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Manokwari, Manuscript Pada Jurnal Widya Teknik, Oktober 2008.

BAPPEDA Kabupaten Kaimana, 2008

Hambali Erliza, Teknologi Bioenergi/Siti Mujdalipah, Armansyah Halomoan Tambunan, Abdul Waries Pattiwiri, & Roy Hendroko; penyunting, M Topan Nixon dan Tharien Agnes, - Cet.1 - Agromedia Pustaka, Jakarta, 2007

Kaimana Dalam Angka, 2008

Patel, Mukind R., Wind and Solar Power Systems, Library of Congress Card Number 98-47934, USA, 1942.

Yushardi, November, Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702) Program Pasca Sarjana / S3, Institut Pertanian Bogor, 2002.

http://www.energiterbarukan.net/index.php?Itemid=43&id=27&option=com_content&task=view

www.homepower.com

<http://isnanimurti.wordpress.com/2008/06/17/ubi-kayu-mannihot-esculenta-sebagai-bahan-alternatif-pengganti-bensin-bioetanol-yang-ramah-lingkungan/>

<http://kajian-energi.blogspot.com/2008/11/bioethanol.html>

www.theiet.org/factfiles